

# Свинцово-кислотный аккумулятор

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

Текущая версия страницы пока не проверялась опытными участниками и может значительно отличаться от версии ([https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80&stable=1](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80&stable=1)), проверенной 14 октября 2015; проверки требуют 19 правок ([https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80&oldid=73908313&diff=cur&diffonly=0](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80&oldid=73908313&diff=cur&diffonly=0)).

**Свинцо́во-кисло́тный аккумуля́тор** — наиболее распространённый и широко применяемый на сегодняшний день тип аккумуляторов, изобретён в 1859 году французским физиком Гастоном Планте. Основные области применения: стартёрные аккумуляторные батареи в транспортных средствах, аварийные источники электроэнергии, резервные источники энергии.



Автомобильный свинцово-кислотный аккумулятор

## Содержание

- 1 История
- 2 Принцип действия
- 3 Устройство
- 4 Электрические и эксплуатационные параметры
- 5 Эксплуатационные характеристики
- 6 Эксплуатация
  - 6.1 Работа свинцово-кислотного аккумулятора при низких температурах
  - 6.2 Хранение
  - 6.3 Износ свинцово-кислотных аккумуляторов
- 7 Вторичная переработка
- 8 См. также
- 9 Примечания

- 10 Ссылки
- 11 Литература

## История

Свинцовый аккумулятор изобрёл в 1859—1860 годах Гастон Планте, сотрудник лаборатории Александра Беккереля. В 1878 году Камилл Фор усовершенствовал его конструкцию, покрыв пластины аккумулятора свинцовым суриком.

## Принцип действия

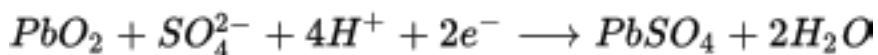
Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в водном растворе серной кислоты.

При подключении к электродам аккумулятора внешней нагрузки начинается электрохимическая реакция взаимодействия оксида свинца и серной кислоты, при этом металлический свинец окисляется до сульфата свинца (в классическом варианте аккумулятора). Вообще говоря, электрохимические процессы в аккумуляторе сложны. Проведенные в СССР исследования показали, что при разряде аккумулятора протекает как минимум ~60 различных реакций, порядка 20 из которых протекают без участия кислоты электролита (нехимические реакции)<sup>[1]</sup>

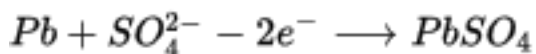
Во время разряда происходит восстановление диоксида свинца на катоде<sup>[1][2]</sup> и окисление свинца на аноде. При заряде протекают обратные реакции. При перезаряде аккумулятора, после исчерпания сульфата свинца начинается электролиз воды, при этом на аноде (положительный электрод) выделяется кислород, а на катоде (отрицательный электрод) — водород.

Электрохимические реакции (слева направо — при разряде, справа налево — при заряде):

- Реакции на катоде:



- Реакции на аноде:

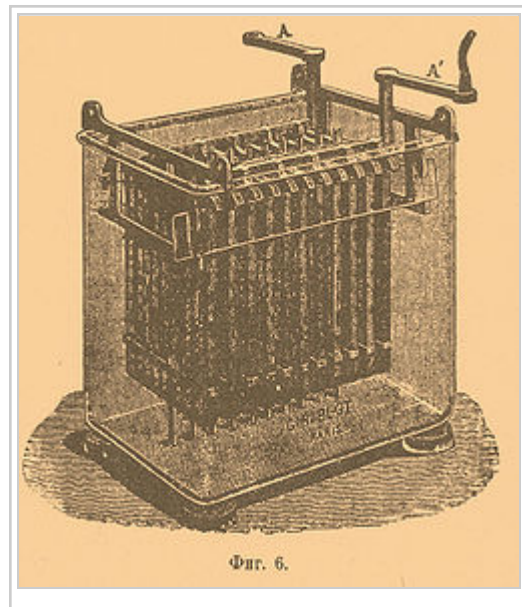


При разряде аккумулятора из электролита расходуется серная кислота и выделяется относительно более лёгкая вода, плотность электролита падает. При заряде происходит обратный процесс. В конце заряда, когда количество сульфата свинца на электродах снижается ниже некоторого критического значения, начинает преобладать процесс электролиза воды. Газообразные

водород и кислород выделяются из электролита в виде пузырьков — так называемое «кипение» при перезаряде. Это нежелательное явление, при заряде его следует, по-возможности, избегать, так как при этом вода необратимо расходуется, нарастает плотность электролита и есть риск взрыва образующихся газов. Потери воды в результате электролиза восполняют доливкой в банки аккумулятора дистиллированной воды. Необходимо помнить, что вода, попадающая в концентрированную серную кислоту, закипает и сильно разбрызгивает кислотные капли.

## Устройство

Элемент свинцово-кислотного аккумулятора состоит из электродов (положительных и отрицательных) и разделительных пористых пластин, изготовленных из материала, не взаимодействующего с кислотой, препятствующих замыканию электродов (сепараторов), которые погружены в электролит. Электроды представляют собой плоские решётки из металлического свинца. В эти решётки запрессованы порошки диоксида свинца ( $PbO_2$ ) — в анодных пластинах и металлического свинца — в катодных пластинах. Применение порошков увеличивает поверхность раздела электролит — твердое вещество, тем самым увеличивает электрическую ёмкость аккумулятора.



В современных аккумуляторах электродные решётки изготавливаются не из чистого свинца, а из сплава свинца с сурьмой с содержанием её 1—2 % для повышения прочности и эксплуатационных характеристик. Иногда в сплав добавляют металлический кальций, для изготовления анодных и катодных электродных решёток, или только для анодных решёток. Добавление кальция имеет как преимущества, так и недостатки. Например, у аккумулятора с пластинами, легированными кальцием при глубоких разрядах существенно и необратимо снижается ёмкость.

Электроды вместе с сепараторами погружены в электролит, представляющий собой водный раствор серной кислоты ( $H_2SO_4$ ). Соли кальция и магния (жесткая вода), всегда присутствующие в обычной воде ухудшают параметры аккумулятора и снижают срок его службы. Поэтому для приготовления раствора кислоты применяют дистиллированную воду. Электрическая проводимость электролита зависит от концентрации серной кислоты и при комнатной температуре максимальна при плотности электролита 1,23 г/см<sup>3</sup>. Чем больше проводимость электролита, тем меньше внутреннее сопротивление аккумулятора, и, соответственно, ниже потери.

Однако, на практике, часто в районах с холодным климатом применяются и более высокие концентрации серной кислоты, до 1,29—1,31 г/см<sup>3</sup>, это связано с тем,

что при низких концентрациях электролит может замёрзнуть, при замерзании образуется лёд, который может разорвать банки аккумулятора.

Существуют экспериментальные разработки аккумуляторов, где свинцовые решетки заменяют пластинами из переплетённых нитей углеродного волокна, покрытых тонкой свинцовой пленкой. При этом используется меньшее количество свинца, распределённого по большой площади, что позволяет изготовить аккумулятор не только компактным и лёгким, при прочих равных параметрах, но и значительно более эффективным — помимо большего КПД, заряжается значительно быстрее традиционных аккумуляторов<sup>[3]</sup>.

В аккумуляторах, применяемых в бытовых ИБП, систем охранной сигнализации и др. жидкий электролит сгущают водным щелочным раствором силикатов натрия ( $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_4$ ) до пастообразного состояния.

## Электрические и эксплуатационные параметры

- Удельная предельная теоретическая энергоёмкость ( $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$ ): около 133.
- Удельная энергоёмкость ( $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$ ): 30-60.
- Теоретическая удельная энергоплотность ( $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$ ): 1250<sup>[4]</sup>.
- ЭДС заряжённого аккумулятора = 2,11—2,17 В, рабочее напряжение 2 В (3 или 6 секций в итоге дают стандартные 6 В или 12 В соответственно)<sup>[1]</sup>.
- Напряжение полностью разряженного аккумулятора = 1,75—1,8 В (из расчета на 1 элемент). Ниже разряжать их нельзя<sup>[1]</sup>.
- Рабочая температура: от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- КПД: порядка 80—90 %.



Аккумулятор  
электромобиля.

## Эксплуатационные характеристики

- **Номинальная ёмкость**, показывает количество электричества, которое может отдать данный аккумулятор. Обычно указывается в ампер-часах, и измеряется при разряде<sup>[5]</sup> малым током ( $1/20$  номинальной ёмкости, выраженной в А·ч).
- **Стартерный ток** (для автомобильных аккумуляторов). Характеризует способности отдавать сильные токи при низких температурах. В большинстве случаев замеряется при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) в течение 30 секунд. Различные методики<sup>[6]</sup> замера отличаются, главным образом, допускаемым конечным напряжением, поэтому дают различные результаты.
- **Резервная ёмкость** (для автомобильных аккумуляторов). Характеризует

время, в течение которого аккумулятор может отдавать ток 25 А до конечного напряжения 10,5 В согласно ГОСТ Р 53165-2008<sup>[7]</sup>.

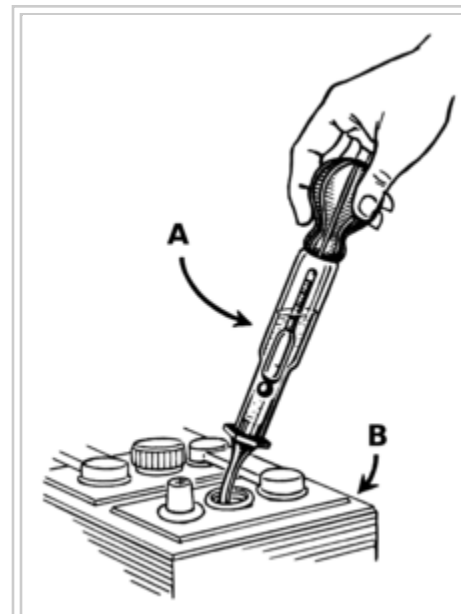
## Эксплуатация

При эксплуатации «обслуживаемых» аккумуляторов (с открываемыми пробками на банках) на автомобиле при движении по неровной дороге неизбежно происходит просачивание электролита из-под пробок на корпус аккумулятора. Через электропроводную невысыхающую пленку электролита происходит саморазряд аккумулятора. Во избежание сильного саморазряда необходимо периодически нейтрализовать электролит протиранием корпуса, например слабым раствором пищевой соды или разведенным в воде до состояния консистенции жидкой сметаны хозяйственным мылом. Кроме того, особенно в жаркую погоду, происходит испарение воды из электролита, или количество воды в электролите уменьшается при перезаряде за счёт электролиза, что увеличивает его плотность, увеличивая напряжение на аккумуляторе. При существенной потере воды уровень электролита в банках может упасть ниже верха электродов, что снижает ёмкость. Поэтому необходимо следить за уровнем электролита и при необходимости доливать дистиллированную воду.

Эти меры вместе с проверкой автомобиля на паразитную утечку тока в его электрооборудовании и периодической подзарядкой аккумулятора могут существенно продлить срок эксплуатации аккумуляторной батареи.

### Работа свинцово-кислотного аккумулятора при низких температурах

По мере снижения окружающей температуры, параметры аккумулятора ухудшаются, однако, в отличие от прочих типов аккумуляторов, у свинцово-кислотных это снижение относительно мало, что не в последнюю очередь обуславливает их широкое применение на транспорте. Эмпирически считается, что свинцово-кислотный аккумулятор теряет ~1 % ёмкости при снижении температуры на каждый градус от +20 °С. То есть, при температуре –30 °С свинцово-кислотный аккумулятор будет иметь 50 % ёмкости.



Ареометр может быть использован для проверки плотности электролита каждой секции.



Семипоплавковый ареометр для измерения плотности электролита в автомобильных аккумуляторах.

Снижение ёмкости и токоотдачи при низких температурах обусловлено, в первую очередь, ростом вязкости электролита, при этом ухудшается омывание электродов свежими порциями электролита и концентрация серной кислоты в непосредственной близости от них снижается.

Разряженный аккумулятор в мороз может раздуться из-за замерзания электролита низкой плотности (близкой к 1.10) и образования льда, что приводит к необратимому повреждению свинцовых пластин внутри аккумулятора.

Низкие температуры электролита негативно влияют на работоспособность и зарядно-разрядные характеристики аккумулятора<sup>[8]</sup>:

- при температуре от 0 °C до -10 °C снижение зарядных и разрядных характеристик влияют не существенно на работоспособность аккумулятора;
- при температуре от -10 °C до -20 °C происходит снижение отдаваемой мощности в стартерном режиме и ухудшение заряда;
- при температуре ниже -20 °C аккумуляторные батареи не обеспечивают надежного пуска двигателя и не способны принимать заряд от генератора.

Из-за большего внутреннего сопротивления, присущего современным аккумуляторам закрытого типа (т. н. «необслуживаемым» аккумуляторам: герметичным, герметизированным) при низких температурах по сравнению с обычными аккумуляторами (открытого типа), эти вопросы ещё более актуальны<sup>[9]</sup>.

Для эксплуатации при низких отрицательных температурах предназначены конструкции аккумулятора с внутренним электроподогревом<sup>[10]</sup>.

## **Хранение**

Свинцово-кислотные аккумуляторы следует хранить только в заряжённом состоянии. При температуре ниже -20 °C подзаряд аккумуляторов должен проводиться постоянным напряжением 2,45 В/элемент 1 раз в год в течение 48 часов. При комнатной температуре — 1 раз в 8 месяцев постоянным напряжением 2,35 В/элемент в течение 6-12 часов. Хранение аккумуляторов при температуре выше 30 °C не рекомендуется.

Слой грязи и солей на поверхности корпуса аккумулятора создаёт проводник для тока между электродами и приводит к саморазряду аккумулятора, при глубоком разряде начинается преждевременная сульфатация пластин и поэтому поверхность аккумулятора необходимо поддерживать в чистоте. Хранение свинцово-кислотных аккумуляторов в разряженном состоянии приводит к быстрой потере их работоспособности.

При длительном хранении аккумуляторов и разряде их большими токами (в стартерном режиме), или при уменьшении ёмкости аккумуляторов, нужно проводить контрольно-тренировочные циклы, то есть разряд-заряд токами номинальной величины.



При подготовке аккумуляторной батареи к зимнему хранению, что актуально для автомобилей не эксплуатируемых в холодное время года специалисты старейшей лаборатории НИИАЭ рекомендуют следующие действия:

1. Правильно и до конца зарядите аккумуляторную батарею; 2. Нанесите на положительный вывод АКБ пластичную смазку (литол, солидол и т. п.), так как «+» борн способен абсорбировать влагу из атмосферы, что может приводить к повышенному саморазряду; 3. Оставить на холоде, так как при низких температурах саморазряд намного ниже. Электролит полностью заряженного аккумулятора начинает замерзать при температуре ниже  $-55^{\circ}\text{C}$ ;

В случае необходимости поездки зимой — перенесите аккумулятор в отапливаемое помещение и в течение 7—9 часов (например, за ночь) он придёт в пригодное для использования состояние.

## **Износ свинцово-кислотных аккумуляторов**

При использовании технической серной кислоты и не дистиллированной воды, ускоряются саморазряд, сульфатация, разрушение пластин и уменьшение ёмкости аккумуляторной батареи<sup>[11]</sup>.

При реакциях в аккумуляторе образуется нерастворимое вещество — сульфит свинца  $\text{PbSO}_3$ , осаждающийся на пластинах, который образует диэлектрический слой между токоотводами и активной массой. Это один из факторов, влияющий на срок службы свинцово-кислотной аккумуляторной батареи.

Основными процессами износа свинцово-кислотных аккумуляторов являются:

- сульфатация пластин<sup>[1]</sup>, заключающаяся в образовании крупных кристаллитов сульфата свинца, который препятствует протеканию обратимых токообразующих процессов;
- коррозия электродов, то есть электрохимические процессы окисления и растворения материала электродов в электролите, что вызывает осыпание материала электродов;
- слабая механическая прочность или плохое сцепление активной массы с электродными решётками, что приводит к опаданию активной массы<sup>[1][12]</sup>;
- оползание и осыпание активной массы положительных электродов, связанное с разрыхлением, нарушением однородности<sup>[1]</sup>.

Хотя батарею, вышедшую из строя по причине физического разрушения пластин в домашних условиях отремонтировать нельзя, в литературе описаны химические растворы и прочие способы, позволяющие «десульфатировать» пластины. Простой, но чреватый полным отказом аккумулятора способ предполагает использование раствора сульфата магния<sup>[1]</sup>. Раствор сульфата магния заливается в секции, после чего батарею разряжают и заряжают несколько раз. Сульфат свинца и прочие остатки химической реакции осыпаются при этом на дно банок, это может привести к замыканию элемента, поэтому обработанные банки желательно промыть и заполнить новым электролитом номинальной

плотности. Это позволяет несколько продлить срок использования устройства.

## Вторичная переработка

Вторичная переработка для этого вида аккумуляторов играет важную роль, так как свинец, содержащийся в аккумуляторах, является токсичным тяжёлым металлом и наносит серьёзный вред при попадании в окружающую среду. Свинец и его соли должны быть переработаны на специальных предприятиях для возможности его вторичного использования.

Свинец из изношенных аккумуляторов часто используется для кустарной переплавки, например, при изготовлении грузил рыболовных снастей, охотничьей дробы или гирь. Для безопасности из аккумулятора следует слить электролит, для нейтрализации его остатков банки заливаются раствором какого-либо безвредного основания (например, пищевой соды), после чего корпус батареи разрушают и извлекают свинцовые электроды, клеммы и перемычки банок. У электродов в переплавку годится только их каркас в виде решётки, напрессованная на них рассыпчатая масса - это смесь соединений Pb, а не металл. Перемычки и клеммы аккумулятора могут быть переплавлены целиком.



Кодовый символ указывающий, что свинцовые батареи могут быть вторично переработаны.

## См. также

- Автомобильный аккумулятор
- AGM

## Примечания

1. Свинцовые аккумуляторы. Эксплуатация: Правда и вымыслы. (<http://electrotransport.ru/ussr/index.php/topic,2103.0.html>)
2. ↑ Н. Ламтев. Самодельные аккумуляторы. Москва: Государственное издательство по вопросам радио, 1936 год. ([http://retrolib.narod.ru/books1/sam\\_akk.djvu](http://retrolib.narod.ru/books1/sam_akk.djvu))
3. ↑ <http://auto.lenta.ru/news/2006/12/19/battery/> Американцы облегчили и уменьшили аккумуляторы
4. ↑ Расчет идеального свинцового аккумулятора. (<http://electrotransport.ru/ussr/index.php/topic,2103.msg103673.html#msg103673>)
5. ↑ ГОСТ 26881-86 Методика проверки свинцовых АКБ ([http://www.elec.ru/library/gosts\\_e51/gost\\_26881-86.pdf](http://www.elec.ru/library/gosts_e51/gost_26881-86.pdf))
6. ↑ Краткий аналитический обзор существующих способов оценки ёмкости ХИТ и приборов, реализующих эти способы (<http://chs.com.ua/files/Obz.pdf>)
7. ↑ ГОСТ Р 53165-2008: Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для автотракторной техники. Общие технические условия (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=174450>)
8. ↑ Руководство, 1983, с. 70.



9. ↑ Железнодорожный транспорт. – 2011. №12. – с.35. ([http://transport-techno.ru/gallery/article\\_01.pdf](http://transport-techno.ru/gallery/article_01.pdf))
10. ↑ Руководство, 1983, с. 21-23.
11. ↑ Вредные добавки к электролиту свинцовых аккумуляторов (<http://electrotransport.ru/ussr/index.php/topic,2103.msg27972.html#msg27972>)
12. ↑ О противоречиях в теории работы свинцового кислотного аккумулятора к. т. н., проф. Кочуров А. А. Рязанский военный автомобильный институт ([http://www.mami.ru/science/autotr2009/scientific/article/s01/s01\\_24.pdf](http://www.mami.ru/science/autotr2009/scientific/article/s01/s01_24.pdf))

## Ссылки

- ГОСТ 15596-82 (<http://protect.gost.ru/v.aspx?control=7&id=146532>)  
«Источники тока химические. Термины и определения» Источники тока химические. Термины и определения (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=146532>)
- ГОСТ Р 53165-2008 Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для автотракторной техники. Общие технические условия. (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=174450>) Взамен ГОСТ 959—2002 и ГОСТ 29111-91
- О противоречиях в теории работы свинцового кислотного аккумулятора к. т. н., проф. Кочуров А. А. Рязанский военный автомобильный институт ([http://www.mami.ru/science/autotr2009/scientific/article/s01/s01\\_24.pdf](http://www.mami.ru/science/autotr2009/scientific/article/s01/s01_24.pdf))
- ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ Гумелёв Василий Юрьевич, Кочуров Алексей Алексеевич (<http://science.snauka.ru/2013/03/4181>)
- Видео, демонстрирующее принцип работы аккумулятора ([https://youtube.com/watch?v=4IgHj2Uim\\_0](https://youtube.com/watch?v=4IgHj2Uim_0)) на YouTube
- Форум «Электротранспорт.ру» (<http://electrotransport.ru/ussr/index.php/topic,2103.0.html>)

## Литература

- *Каштанов В. П., Титов В. В., Усков А. Ф. и др.* Свинцовые стартерные аккумуляторные батареи. Руководство.. — М.: Воениздат, 1983. — 148 с.

Источник — «[https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Свинцово-кислотный\\_аккумулятор&oldid=81351362](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Свинцово-кислотный_аккумулятор&oldid=81351362)»

- 
- Последнее изменение этой страницы: 02:27, 16 октября 2016.
  - Текст доступен по лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike; в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.

Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации Wikimedia Foundation, Inc.